

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-269120

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G03F 7/20

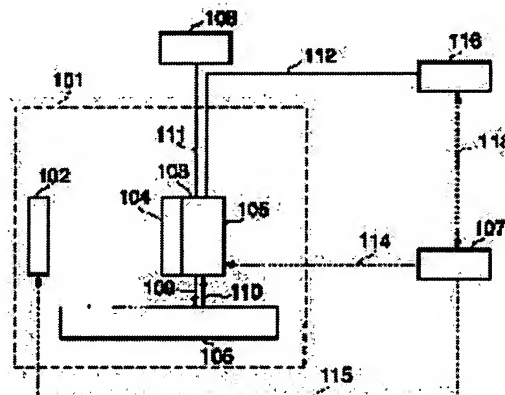
(21)Application number : 11-074046 , (71)Applicant : TOSHIBA CORP
(22)Date of filing : 18.03.1999 (72)Inventor : HAYAZAKI KEI
ITO SHINICHI
KOMATSU BUNRO

(54) METHOD FOR EVALUATING PATTERN AND METHOD OF FORMING THE PATTERN

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately measure the size of a device pattern, even when defocusing occurs.

SOLUTION: A method for evaluating the size of a device pattern obtained by light exposure and development a device pattern on a resist on a wafer. In this case, a monitor pattern, having the same pitch of an L/S pattern as that of the device pattern but having a narrower line width, is exposed when the device pattern is exposed, and after developing, the monitor pattern is irradiated with a probe light emitted from a monitor head 105. Zeroth-order light intensity from the monitor pattern is detected under a condition in which the diffraction light of the first-order and the higher is not generated, and based on the relation between the zeroth-order light intensity of the device pattern and that of the monitor pattern, the size of the device pattern is evaluated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.03.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the]

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-269120

(P2000-269120A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 6 9 Z 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-74046

(22) 出願日 平成11年3月18日 (1999.3.18)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 早崎 圭

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 伊藤 信一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

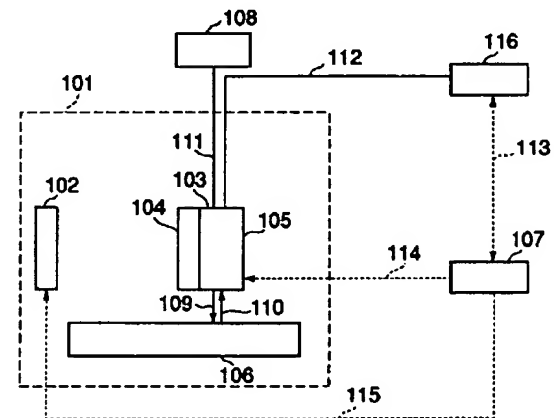
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン評価方法及びパターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 デフォーカスが生じた場合であっても、レジストパターンの寸法を精度良く計測できる。

【解決手段】 ウェハ106上のレジストにデバイスパターンを露光し、現像して得られたデバイスパターン寸法を評価するパターン評価方法において、デバイスパターンの露光時に、デバイスパターンのL/Sパターンとピッチが同じでライン幅が狭いモニタパターンをマーク領域に露光しておき、デバイスパターンの現像後に、モニタパターンにモニタヘッド105からプローブ光を照射し、1次以上の回折光が生じない条件でモニタパターンからの0次光の強度を検出し、予め求められているデバイスパターン寸法とモニタパターンの0次光強度との関係を基にデバイスパターンの寸法を評価する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、現像して得られたデバイスパターンの寸法を評価するパターン評価方法において、前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、前記デバイスパターンの現像後に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との関係を基にデバイスパターンの寸法を評価する工程とを含むことを特徴とするパターン評価方法。

【請求項2】被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、所定時間の現像によりデバイスパターンを形成するパターン形成方法において、前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、前記デバイスパターンの現像中に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との相関を基にデバイスパターンの寸法の予測を行う工程と、前記デバイスパターンの寸法の予測値が所望値となったときに現像を停止する工程とを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項3】前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いることを特徴とする請求項1記載のパターン評価方法。

【請求項4】前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いることを特徴とする請求項2記載のパターン形成方法。

【請求項5】前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていることを特徴とする請求項1記載のパターン評価方法。

【請求項6】前記デバイスパターンが線状又はホール系

パターンである場合に、前記モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていることを特徴とする請求項2記載のパターン形成方法。

【請求項7】前記パターンの寸法評価が、現像ユニットからウェハ回収ユニットに至る間のユニットで行われることを特徴とする請求項1記載のパターン評価方法。

【請求項8】前記パターンの寸法評価として、基板の精度が許容範囲にあるかどうかを判定することを特徴とする請求項1記載のパターン評価方法。

【請求項9】前記現像を停止する工程として、特定の現像時刻からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現在の時刻の補正強度を、デバイスパターンが所望寸法となる0次光強度として予め得られている所望強度と比較することにより、現像停止時間の決定を行うことを特徴とする請求項2記載のパターン形成方法。

【請求項10】前記現像を停止する工程として、特定の現像時刻からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現像停止時の予測強度を、予め得られている所望強度と比較することにより、現像停止時間の決定を行うことを特徴とする請求項2記載のパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造に用いる光リソグラフィーにおいて、レジストパターンの寸法を計測するためのパターン評価方法に関する。また、この評価結果から現像停止時間を決定してレジストパターンを形成するパターン形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造に用いる光リソグラフィーにおいては、レジストパターンを寸法精度良く形成することが重要である。そこで従来、デバイスパターンとは別にモニタパターンを設け、現像中若しくは現像後にモニタパターンからの反射光強度をモニタし、現像時間制御、寸法計測を行う方法が採用されている。

【0003】例えば、特開平10-300428号公報では、デバイスパターンとは異種のパターンをモニタパターンに用いた手法が示されている。しかしながら、この手法では、単にデバイスパターンに対して現像時間に対する寸法の変化が大きなパターンを用いてモニタしているため、デフォーカスが生じた場合、その特性にデバイスパターンとモニタパターンで差が生じてしまい、現像時間の制御及び寸法計測を精度良く行うことができなかった。

【0004】また、現像中に強度の揺らぎが生じる場合

や、モニタ終了から停止液供給までに時間を要する場合に、現像中の強度変化をモニタし、計測した強度データそのものがしきい値に達した時点を現像の終点とする現像時間の制御方法を採用すると、正確に現像時間を定めることができなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、LSIの加工寸法の微細化に伴い、レジストの現像時にも精密な寸法計測が必要となっている。レジストパターンの寸法を計測するためにモニタパターンを用いる方法もあるが、この方法ではデフォーカスが生じると精度良い計測ができなくなる問題があった。

【0006】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、デフォーカスが生じた場合であっても、レジストパターンの寸法を精度良く計測することのできるパターン評価方法を提供することにある。

【0007】また、本発明の他の目的は、レジストパターンの現像停止時間を正確に定めることができ、パターン精度の向上をはかり得るパターン形成方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】（構成）上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。

【0009】即ち本発明は、被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、現像して得られたデバイスパターンの寸法を評価するパターン評価方法において、前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、前記デバイスパターンの現像後に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との関係を基にデバイスパターンの寸法を評価する工程とを含むことを特徴とする。

【0010】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

【0011】(1) デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いること。

【0012】(2) デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていること。

【0013】(3) デバイスパターンが線状パターンである場合に、モニタパターンとして線状パターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンより小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されているパターンを用いること。

【0014】(4) デバイスパターンが線状パターンである場合に、モニタパターンとしてデバイスパターンとピッチ及びレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じ規則的な線状のパターンを用いること。

【0015】(5) デバイスパターンがホール系パターンである場合に、モニタパターンとしてホール系パターンであって、且つレジストの残しエリアの比率がデバイスパターンよりも小さくなるように設計されたパターンを用いること。

【0016】(6) デバイスパターンがホール系パターンである場合に、モニタパターンとしてホール系パターンであって、且つピッチがデバイスパターンとほぼ同じでホール径が大きい、又はピッチがデバイスパターンより小さくホール径がほぼ同じに設計されたパターンを用いること。

【0017】(6) モニタパターンがデバイスパターンを形成するデバイスエリアに含まれること。

【0018】(7) モニタパターンに照射する光の波長は、モニタパターンから1次以上の回折光が生じない条件を満たすものであって、波長を λ 、入射光の角度を θ_1 、モニタパターンのピッチをPとした場合に

$$|\sin(\theta_1) - (\lambda/P)| > 1$$

の条件を満たすこと。

【0019】(8) パターンの寸法評価が、現像ユニットからウェハ回収ユニットに至る間のユニットで行われること。

【0020】(9) パターンの寸法評価として、基板の精度が許容範囲にあるかどうかを判定すること。

【0021】また本発明は、被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、所定時間の現像によりデバイスパターンを形成するパターン形成方法において、前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、前記デバイスパターンの現像中に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との相関を基にデバイスパターンの寸法の予測を行う工程と、前記デバイスパターンの寸法の予測値が所望値となったときに現像を停止する工程とを含むことを特徴とする。

【0022】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

【0023】(1) デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いること。

【0024】(2) デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていること。

【0025】(3) デバイスパターンが線状パターンである場合に、モニタパターンとして線状パターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されているパターンを用いること。

【0026】(4) デバイスパターンが線状パターンである場合に、モニタパターンとしてデバイスパターンとピッチ及びレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じ規則的な線状のパターンを用いること。

【0027】(5) デバイスパターンがホール系パターンである場合に、モニタパターンとしてホール系パターンであって、且つレジストの残しエリアの比率がデバイスパターンよりも小さくなるように設計されたパターンを用いること。

【0028】(6) デバイスパターンがホール系パターンである場合に、モニタパターンとしてホール系パターンであって、且つピッチがデバイスパターンとほぼ同じでホール径が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくホール径がほぼ同じに設計されたパターンを用いること。

【0029】(7) モニタパターンがデバイスパターンを形成するデバイスエリアに含まれること。

【0030】(8) モニタパターンに照射する光の波長は、モニタパターンから1次以上の回折光が生じない条件を満たすものであって、波長を λ 、入射光の角度を θ_1 、モニタパターンのピッチをPとした場合に

$$|\sin(\theta_1) - (\lambda/P)| > 1$$
の条件を満たすこと。

【0031】(9) 現像を停止する工程は、特定の現像時間からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現在の時刻の補正強度を、デバイスパターンが所望寸法となる0次光強度として、予め得られている所望強度と比較することにより現像停止時間の決定を行うこと。

【0032】(10) 現像を停止する工程は、特定の現像時間からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現像停止時の予測強度を予め得られ

ている所望強度と比較することにより現像停止時間の決定を行うこと。

【0033】〈作用〉本発明によれば、デバイスパターンよりも寸法に対し強度変化の大きいパターン、又はデバイスパターンそのものの回折光の強度を（特に、0次光強度を1次以上の回折光が生じない条件で）モニタすることによって、計測の精度が大きく向上する。また、強度変化が大きいパターンの中でも、ライン系のデバイスパターンに対してはライン系のモニタパターンを用いること、ホール系のデバイスパターンに対してはホール系のモニタパターンを用いることによって、デフォーカスが生じるような場合でも、回折光強度から正確に寸法をモニタすることが可能となる。

【0034】このようなモニタパターンを現像後にコータ・デベロッパ内で光学的にモニタすることにより、従来のSEMよりも簡便な計測ができるので、スループットも向上する。また、現像中にモニタすると、パターンの加工精度が向上し、歩留まりが向上する。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0036】〈第1の実施形態〉

〈構成〉図1は、本発明の第1の実施形態に係わるパターン評価方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図である。

【0037】現像を行う現像ユニット101は、現像液を盛るためのノズル102と、現像停止液供給ノズル104とモニタヘッド105が一体となったアーム103から構成される。また、モニタヘッド105には、光源108からのプローブ光を導入する光ファイバ111が接続されていて、モニタヘッド105中のコリメーションレンズ、狭帯域フィルタにより、波長470nm（半値幅5nm）に狭帯化したほぼ単色の平行光109でウェハ106を照明できるようになっている。

【0038】また、ウェハ106からの反射光110は、モニタヘッド105の中にあるCCDカメラで検出できるようになっている。検出した画像は送信ケーブル112を通して解析部116に送られ、パターンマッチングによりモニタパターンエリアを認識し、モニタパターンの強度を取得できるようになっている。

【0039】モニタパターン及びデバイスパターンの配置の一例を図2に、その詳細を図3に示す。図2に示すように、1つのチップに対して、デバイスパターン領域の周囲にアライメントマークなどが転写されているマーク領域があり、このマーク領域の一部にモニタパターンを形成するためのモニタパターン領域が配置されている。

【0040】デバイスパターンの領域には、図3(c)に示すような200nmのL/Sパターン(1:1)が配置されている。モニタパターン領域には、図3(a)

に示すようなホール系モニタパターンと、図3(b)に示すようなライン系モニタパターンの2種類が配置されている。ホール系のモニタパターンは、x、yの両方向のピッチ(p_x 、 p_y)が400nm、ホールの直径(p_x 、 p_y)が300nmに設計されている(ウェハ上換算値、以下同様)。また、ライン系のモニタパターンは、ピッチ(p)が400nm、ライン幅(l)が180nmに設計されている。

【0041】レジストパターンの寸法をモニタパターンからの0次光強度から計測する際には、0次光強度がレジストの残し面積を反映するような条件でモニタすることが望ましい。通常、規則的なパターンでは、幾つかの次数の回折光が生じるが、1次以上の回折光が生じるような条件で0次光をモニタすると、レジストの残し面積によって回折効率が変わるため、0次光の強度変化は単純にレジストの残し面積を反映しない。

【0042】従ってここでは、1次以上の回折光が生じない条件でモニタリングを行う。その条件は、入射光の角度を θ_i 、入射光の波長を λ 、モニタパターンのピッチをPとすると、下記の式で表される。

【0043】

$$|\sin(\theta_i) - (\lambda/P)| > 1 \quad \dots (1)$$

本実施形態ではこの条件を満たすように、ピッチp=400nm、入射光の波長 $\lambda=470$ nm、入射角 $\theta_i=0^\circ$ (ウェハの真上から)として、モニタを行っている。

【0044】本実施形態では0次光のみをモニタする例を示したが、これに限るものではなく、1次以上の回折光を検出し、その結果を解析に反映することで寸法を高精度に予測できる場合は、多次の回折光をモニタしてもよい。

【0045】(作用)次に、本実施形態における現像後の寸法の計測方法について説明する。

【0046】ウェハ106が現像ユニット101に搬送されると、現像ノズル102により現像液が盛られ、所定の時間が経過すると、現像停止液供給ノズル104とモニタヘッド105が一体化されたアーム103が中央に移動し、現像の停止及びリンスを行う。ウェハ106を乾燥した後、モニタヘッド105は図2に示すモニタパターンが観察できる位置にショットマップ、マスクレイアウトをもとに移動する。そして、パターンマッチングによりモニタパターンの位置を検出し、その強度を検出する。そして、予め得られている強度と寸法の間から、寸法を算出する。

【0047】図4に、ホール系モニタパターン(図3(a))の規格化強度と200nmのL/Sパターンの寸法との関係、図5にライン系モニタパターン(図3(b))の規格化強度と200nmのL/Sパターンの寸法との関係を示す。規格化強度はレジスト残しの部分の強度を1として算出している。共に、ジャストフォー

カスの時は非常に良い直線関係にあり、強度から寸法が計測できることが分かる。また、 200 ± 5 nmの間で寸法が変化したとき強度は7%変化しているため、寸法の変化(5%)より大きく変化している、つまり、デバイスパターンそのものをモニタするよりも精度が高いことを意味している。

【0048】しかし、図3(a)と(b)のモニタパターンの違いは、デフォーカスしたときの挙動にある。ライン系のモニタパターンを用いた場合はデフォーカスをした場合にも同じ直線上にのっているが、ホール系のモニタパターンを用いた場合には関係からずれてくる。従って、200nmのL/Sパターンをモニタするためにはライン系のモニタパターンを採用し、図5の関係をもとに寸法を算出する。

【0049】本実施形態では、図3(c)のモニタパターンを用いた場合を示したが、レジストの性質や照明条件によりモニタパターンの挙動とデバイスパターンの挙動が著しく変わる場合には、0次光強度が開口比率の2乗で決まることから、デバイスパターンそのものの0次光をモニタすることも有効である。

【0050】また、ライン系のデバイスパターンが図6(a)(b)のような場合には、200nmのL/Sパターン(図6(a)では要素領域2を、(b)では要素領域4を要素領域として並べた場合)をモニタパターンとしてもよい。これは、図6(a)(b)のパターンは長手方向で寸法が変化する領域が200nmに対して1600nmであるが、200nmのL/Sパターンでは長手方向で全て寸法が変化するため、開口比率の変化が大きくなるためである。

【0051】また、図6において、要素領域1や3を要素領域として並べたパターンをモニタパターンとしてもよい。この場合は、デバイスパターンの中で寸法が厳しく要求される部分を要素領域として、その部分を単位面積当たり多く含むように配置して、重要な情報を多く含むように設計し、精度を向上させるものである。

【0052】このように、デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更した要素領域を並べたパターンをモニタパターンとして選ぶことが可能である。

【0053】また、ここでは現像後に現像ユニット内で寸法計測を行っている例を示しているが、コータ・デベロッパ装置内でウェハがキャリアに戻る前までに同じような装置構成で寸法計測を行ってもよい。

【0054】(効果)本実施形態によれば、デバイスパターンの寸法の変化に対し強度変化の大きいパターン若しくはデバイスパターンそのものの回折光強度を(特に、1次以上の回折光が生じない条件で)モニタすることによって、計測の精度が大きく向上する。また、強度変化が大きいパターンの中でも、ライン系のデバイスパターンに対しては、ライン系のモニタパターンを用いる

ことによって、デフォーカスが生じるような場合でも、回折光強度から正確に寸法をモニタすることが可能となる。また、現像後にコータ・デベロッパ内で寸法計測を光学的に行うことにより、従来のSEMよりも簡便に計測ができるので、スループットも向上する。

【0055】(第2の実施形態)

(構成) 図7は、本発明の第2の実施形態に係わるパターン形成方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図である。現像の方法によって装置構成は若干変わるが、ここでは現像中にウェハが静止しているような静止現像の例を示す。

【0056】現像を行う現像ユニット701は、現像液を盛るためのノズル702と、現像停止液供給ノズル704とモニタヘッド705が一体となったアーム703から構成される。また、モニタヘッド705には、光源708からのプローブ光を導入する光ファイバ711が接続されていて、モニタヘッド705中のコリメーションレンズ、狭帯域フィルタにより、波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化したほぼ単色の平行光709でウェハを照明できるようになっている。

【0057】また、ウェハ706からの反射光710は、モニタヘッド705の中にあるCCDカメラで検出できるようになっている。検出した画像は送信ケーブル712を通して解析部716に送られ、パターンマッチングによりモニタパターンエリアを認識し、モニタパターンの強度を取得できるようになっている。

【0058】モニタパターン及びデバイスパターンの配置の一例を前記図2に、その詳細を前記図3に示す。先の第1の実施形態と同様にモニタパターンは、アライメントマークなどが転写されているマーク領域に配置されている。

【0059】デバイスパターンの領域には、図3(c)に示すような200nmのL/Sパターン(1:1)が配置されている。モニタパターン領域には、図3(a)に示すようなホール系モニタパターンと、図3(b)に示すようなライン系モニタパターンの2種類が配置されている。ホール系のモニタパターンは、x, yの両方向のピッチ(p_x , p_y)が400nm、ホールの直径(d_x , d_y)が300nmに設計されている(ウェハ上換算値、以下同様)。また、ライン系のモニタパターンは、ピッチ(p)が400nm、ライン幅(l)が180nmに設計されている。

【0060】第1の実施形態で説明したように、モニタパターンとしてはライン系モニタパターン(図3

(b))を採用した。このモニタパターンは、第1の実施形態で説明したように、デバイスパターンよりも寸法に対する強度変化が大きく、寸法を高精度に予測できるパターンである。

【0061】モニタを行う時の入射光の波長、入射角度、モニタパターンのピッチは、第1の実施形態で示し

たような理由でそれぞれ、470nm, 0°, 400nmになっている。

【0062】本実施形態では0次光のみをモニタする例を示したが、これに限るものではなく、1次以上の回折光を検出し、その結果を解析に反映することで寸法を高精度に予測できる場合は、多次の回折光をモニタしてもよい。

【0063】(作用) 次に、本実施形態における現像モニタ方法について説明する。

【0064】ウェハ706が現像ユニット701に搬送されると、現像ノズル702により現像液が盛られ、現像停止液供給ノズル604とモニタヘッド705が一体化されたアーム703が、図2に示すモニタパターンが配置されているところにショットマップ、マスクレイアウトをもとに移動する。そして、パターンマッチングによりモニタパターンの位置を検出し、その強度を検出する。

【0065】ライン系モニタパターンの規格化強度と200nmのL/Sパターンの寸法との関係は前記図5に示した通りであるから、所望寸法200nmに仕上げるためには、強度0.832で現像を終了させればよい。しかし、現像中のパターンの強度変化は、現像初期では液盛りによる大きな揺らぎ、しばらく経過してからも小さな揺らぎを含んでいるため、単純に強度しきい値から現像終点を定めると、誤差を生じる可能性がある。

【0066】そのため、図8に示すようなアルゴリズムで現像の終点を定める。まず、現像初期の揺らぎを取り除くため、現像開始後一定時間(t_1)が経過したか否かを判定し(ステップS1)、一定時間(t_1)が経過してからモニタリングを始める(ステップS2)。その後、強度を時間をおいて計測していくが、強度変化に少し揺らぎがあるため、モニタ開始の時間(t_1)から現在の時間(t_n)までの強度変化をある関数($I(t)$)で近似し(ステップS3)、現在の強度($I(t_n)$)の近似値を求める(ステップS4)。そして、現在の強度の近似値が所望値に達したか否かを判定し(ステップS5)、所望値に達したら現像停止液供給を開始させる。

【0067】実際の現像中の強度変化を、図9に示す。ここでは、現像開始後10秒からモニタリングを開始し、強度変化を2次関数で近似して現在の時間の強度を求めている。そして、強度が0.832に達した時点(52秒)で現像停止液を供給している。

【0068】本実施形態では、図3(c)のモニタパターンを用いた場合を示したが、レジストの性質や照明条件によりモニタパターンの挙動とデバイスパターンの挙動が著しく変わる場合には、0次光強度が開口比率の2乗で決まることから、デバイスパターンそのものの0次光をモニタすることも有効である。

【0069】また、ライン系のデバイスパターンが図6

(a) (b) のような場合には、200nmのL/Sパターン(図6(a)では要素領域2を、(b)では要素領域4を要素領域として並べた場合)をモニタパターンとしてもよい。これは、図6(a)(b)のパターンは長手方向で寸法が変化する領域が2000nmに対して1600nmであるが、200nmのL/Sパターンでは長手方向で全て寸法が変化するため、開口比率の変化が大きくなるためである。

【0070】また、図6において、要素領域1や3を要素領域として並べたパターンをモニタパターンとしてもよい。この場合は、デバイスパターンの中で寸法が厳しく要求される部分を要素領域として、その部分を単位面積当たり多く含むように配置して、重要な情報を多く含むように設計し、精度を向上させるものである。

【0071】このように、デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更した要素領域を並べたパターンをモニタパターンとして選ぶことが可能である。

【0072】(効果)本実施形態によれば、デバイスパターンの寸法変化に対し強度変化の大きいパターン若しくはデバイスパターンそのものの回折光強度を(特に、1次以上の回折光が生じない条件で)モニタし、現像時間を制御することによって、得られるパターン寸法の加工精度が向上する。さらに、強度変化を近似して現時点での近似強度を求めることによって、現像中の強度変化の揺らぎの影響を抑えることができ、計測の精度が上がる。これらによって、歩留まりが向上する。

【0073】また、現像中に寸法計測を光学的に行うことにより、従来のSEMよりも簡便な計測ができるので、スループットも向上する。

【0074】(第3の実施形態)

(構成)図10は、本発明の第3の実施形態に係わるパターン形成方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図である。

【0075】現像の方法によって装置構成は若干変わるが、ここでは現像中にウェハが静止しているような静止現像の例を示す。第2の実施形態との違いは、モニタヘッドが現像停止液供給ノズルではなく現像ノズルに装着されている点である。

【0076】現像を行う現像ユニット1001は、現像停止液供給ノズル1002と、現像液を盛るためのノズル1004とモニタヘッド1005が一体となったアーム1003から構成される。また、モニタヘッド1005には、光源1008からのプローブ光を導入する光ファイバ1011が接続されていて、モニタヘッド1005中のコリメーションレンズ、狭帯域フィルタにより、波長470nm(半値幅5nm)に狭帯化したほぼ単色の平行光1009でウェハ1009を照明できるようにしている。

【0077】また、ウェハ1006からの反射光101

0は、モニタヘッド1005の中にあるCCDカメラで検出できるようになっている。検出した画像は送信ケーブル1012を通して解析部1016に送られ、パターンマッチングによりモニタパターンエリアを認識し、モニタパターンの強度を取得できるようになっている。

【0078】モニタパターン及びデバイスパターンの配置の一例を図11に、その詳細を図12に示す。モニタパターンは、アライメントマークなどが転写されているマーク領域に配置されている。デバイスパターンの領域には、図12(b)に示すような直径200nm(ピッチ400nm)のホールパターンが配置されている。モニタパターン領域には、図12(a)に示すようなホール系モニタパターンが配置されている。ホール系のモニタパターンは、x、yの両方向のピッチ(p_x 、 p_y)が400nm、ホールの直径(d_x 、 d_y)が300nmに設計されている(ウェハ上換算値、以下同様)。

【0079】第1の実施形態では、ライン系のデバイスパターンにはライン系のモニタパターンが適していたように、ホール系のデバイスパターンには図15に示すようなホール系のモニタパターンが寸法の予測に適したパターンであるため、モニタパターンとしてはホール系モニタパターン(図12(a))を採用している。このモニタパターンは、デバイスパターンよりも寸法に対する強度変化が大きく、寸法を高精度に予測できるパターンである。

【0080】モニタを行う時の入射光の波長、入射角度、モニタパターンのピッチは、第1の実施形態で示したような理由でそれぞれ、470nm、0°、400nmになっている。

【0081】本実施形態では0次光のみをモニタする例を示したが、これに限るものではなく、1次以上の回折光を検出し、その結果を解析に反映することで寸法を高精度に予測できる場合は、多次の回折光をモニタしてもよい。

【0082】(作用)次に、本実施形態における現像モニタ方法について説明する。

【0083】ウェハ1006が現像ユニット1001に搬送されると、現像ノズル1004とモニタヘッド1005が一体化されたアーム1003が、図12のモニタパターンが配置されているところにショットマップとウェハレイアウトをもとに移動する。現像ノズル1004により現像液が盛られ、モニタヘッド1005ではパターンマッチングによりモニタパターンの位置を検出し、その強度を検出する。

【0084】ホール系モニタパターンの規格化強度とホール径200nmのデバイスパターン寸法の関係は図15に示した通りであるから、所望寸法200nmに仕上げるためには、強度0.85で現像を終了させればよい。しかし、現像中のパターンの強度変化は、現像初期では液盛りによる大きな揺らぎ、しばらく経過してから

も小さな揺らぎを含んでいるため、単純に強度しきい値から現像終点を定めると、誤差を生じる可能性がある。また、現像ノズルにモニタヘッドが装着されている場合には、現像停止液供給開始までのアームの移動に時間が（ここでは6秒）必要である。

【0085】そのため、図14に示すようなアルゴリズムで現像の終点を定める。まず、現像初期の揺らぎを取り除くため、現像開始後一定時間（ t_1 ）が経過したか否かを判定し（ステップS1）、一定時間（ t_1 ）が経過してからモニタリングを始める（ステップS2）。その後、強度を時間をおって計測していくが、強度変化に少し揺らぎがあるため、モニタ開始の時間（ t_1 ）から現在の時間（ t ）までの強度変化をある関数（ $I(t)$ ）で近似し（ステップS3）、現在の時間から6秒後の強度（ $I(t_1 + 6)$ ）の近似値を求める（ステップS4）。

【0086】そして、現在から6秒後の予測強度が所望値に達したか否かを判定し（ステップS5）、所望値に達したら、モニタヘッドが装着されているアーム1003が退避し、現像停止液供給ノズル1002が中央に移動し、現像停止液の供給を開始させる。

【0087】実際の現像中の強度変化を、図16に示す。ここでは、現像開始後10秒からモニタリングを開始し、強度変化を2次関数近似して現在から6秒後の強度を求めている。そして、6秒後の強度が0.85に達した時点（22秒）でアームの移動を開始し、6秒後（28秒）に現像停止液の供給を開始させる。

【0088】本実施形態では図12（a）のモニタパターンを用いた場合を示したが、その他のホール系のデバイスパターンが図13（a）の場合に、図13（b）（c）のようなモニタパターンというバリエーションがある。ここで図示した部分は基本的な構成で、実際には二次元的に並んでいる。この例では、要素領域は先に述べたように、デフォーカスの特性をデバイスパターンと同じにするために、同じホール系のパターンで構成されている。

【0089】また、0次光強度が開口率の2乗で決まることから、デバイスパターンよりも開口率が高いパターンを用いることで大きな強度変化を得ることができる（この例ではデバイスパターンで開口率0.21、モニタパターンで0.25）。従って、モニタパターンとしてはデバイスパターンと比較して開口比率の大きいパターンを用いれば如何なる配置でもよい（望ましくは規則配置）。また、要素領域は厳密な寸法が要求される部分はそのまま用い、他の寸法を変更して開口比率ができるだけ大きく調整するとよい。

【0090】また、第1及び第2の実施形態のライン系のパターンと同様に、レジストの性質や照明条件によりモニタパターンの挙動とデバイスパターンの挙動が著しく変わる場合には、0次光強度が開口比率の2乗（寸法

の2乗）で決まることから、デバイスパターンそのものの0次光をモニタすることも有効である。

【0091】（効果）本実施形態によれば、デバイスパターンよりも寸法に対し強度変化の大きいパターン若しくはデバイスパターンそのものの回折光強度を（特に、1次以上の回折光が生じない条件で）モニタし、現像時間を制御することによって、寸法の加工精度が大きく向上する。これによって、歩留まりが向上する。

【0092】また、現像中に寸法計測を光学的に行うことにより、従来のSEMよりも簡便に計測ができるので、スループットも向上する。また、モニタ終了からリンス開始までに時間が必要な場合でも、強度変化を近似することで正確に寸法を予測することができる。

【0093】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、ターゲットパターンが所望寸法に仕上がるような条件で露光した場合に、ターゲットパターンの寸法の変化に対して強度変化が大きく、デフォーカスに対する寸法変動の影響がほぼ等価なモニタパターンの回折光強度をモニタすることによって、デフォーカスが生じた場合であっても、レジストパターンの寸法を精度良く計測することができ、パターン寸法の計測精度及びパターンの加工精度を大きく向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わるパターン評価方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図。

【図2】第1の実施形態におけるモニタパターン及びデバイスパターンの配置例を示す図。

【図3】第1の実施形態におけるモニタパターン及びデバイスパターンの詳細の一例を示す図。

【図4】第1の実施形態におけるホール系モニタパターンの規格化強度と異種パターンであるライン寸法との関係を示す特性図。

【図5】第1の実施形態におけるライン系モニタパターンの規格化強度と同種パターンであるライン寸法との関係を示す特性図。

【図6】第1の実施形態におけるデバイスパターンのバリエーションを示す図。

【図7】第2の実施形態に係わるパターン形成方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図。

【図8】第2の実施形態における現像モニタのアルゴリズムを示す図。

【図9】第2の実施形態における現像中のモニタパターンの強度変化を示す特性図。

【図10】第3の実施形態に係わるパターン形成方法に用いる寸法モニタ装置を示す概略構成図。

【図11】第3の実施形態におけるモニタパターン及びデバイスパターンの配置例を示す図。

【図12】第3の実施形態におけるモニタパターン及びデバイスパターンの詳細の一例を示す図。

【図13】第3の実施形態におけるモニタパターンの他のバリエーションを示す図。

【図14】第3の実施形態における現像モニタのアルゴリズムを示す図。

【図15】第3の実施形態におけるホール系モニタパターンの規格化強度と同種パターンであるホール径との関係を示す特性図。

【図16】第3の実施形態における現像中のモニタパターンの強度変化を示す特性図。

【符号の説明】

101, 701, 1001…現像ユニット

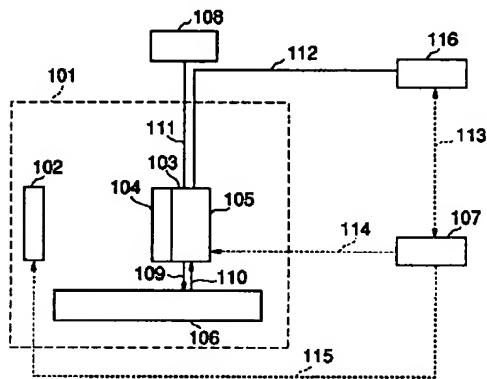
102, 702, 1004…現像ノズル

103, 703…現像停止液供給アーム

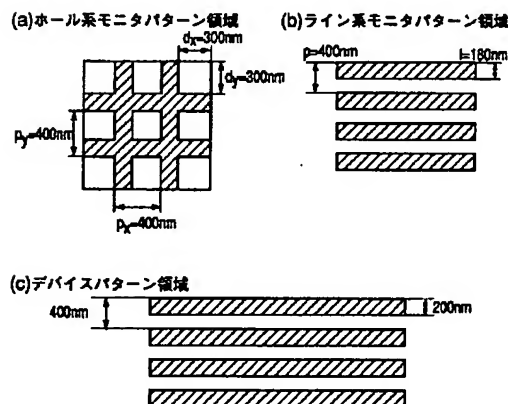
104, 704, 1002…現像停止液供給ノズル

105, 705, 1005…モニタヘッド

【図1】



【図3】



* 106, 706, 1006…ウェハ

107, 707, 1007…現像装置制御部

108, 708, 1008…光源

109, 709, 1009…入射光

110, 710, 1010…反射光

111, 711, 1011…光ファイバ

112, 712, 1012…画像データ送信ケーブル

113, 713, 1013…画像解析部と現像制御部の間の信号

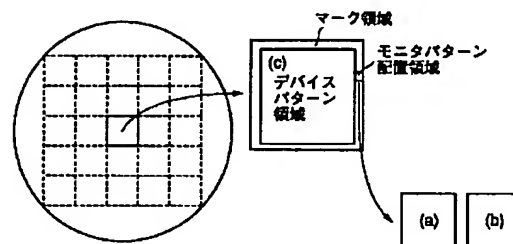
10 114, 714, 1015…現像制御部と現像停止液供給アームの間の信号

115, 715, 1014…現像制御部と現像ノズルの間の信号

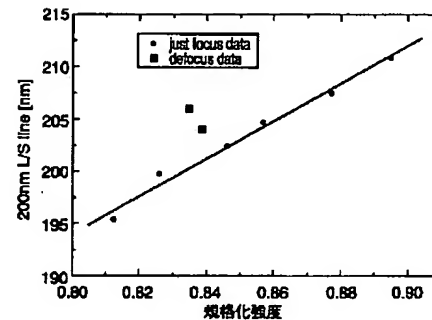
116, 716, 1016…画像解析部

* 1003…現像アーム

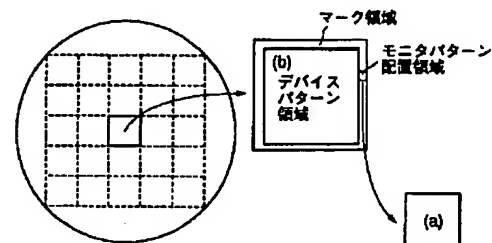
【図2】



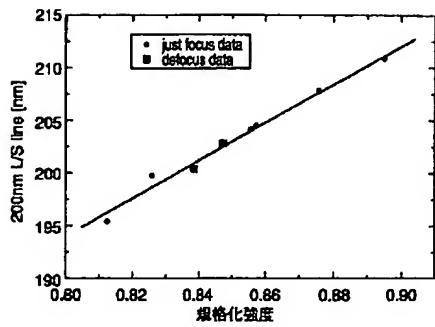
【図4】



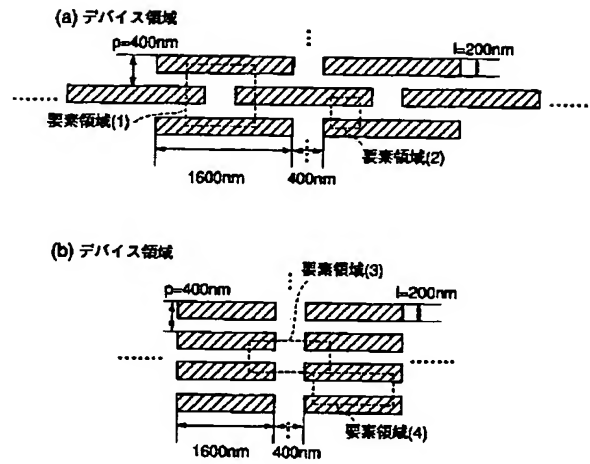
【図11】



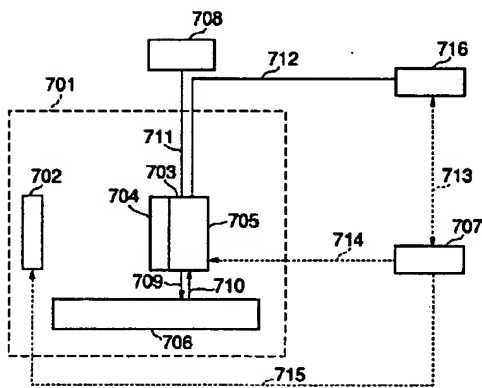
【図5】



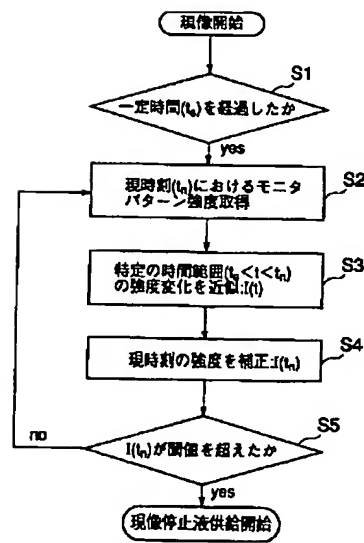
【図6】



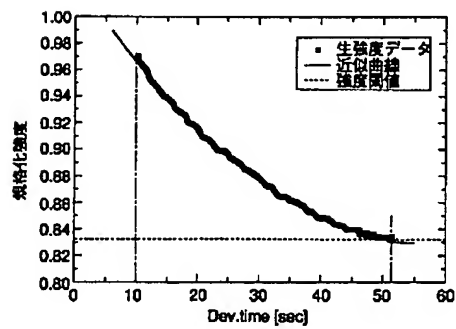
【図7】



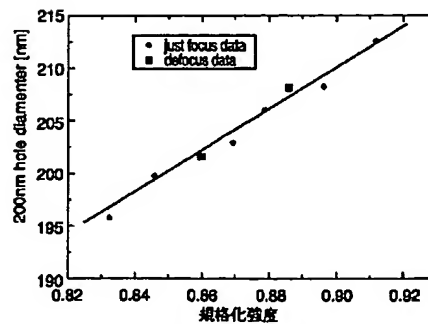
【図8】



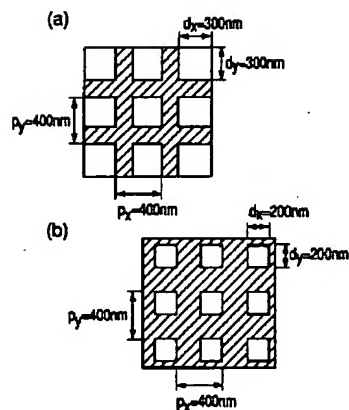
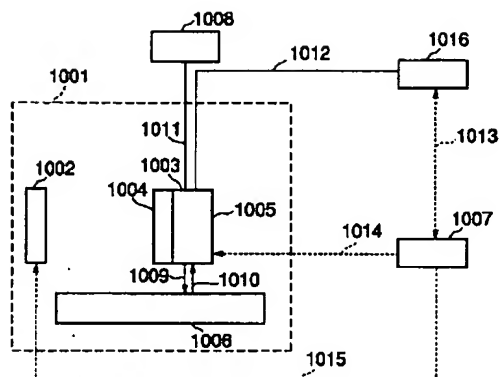
【図9】



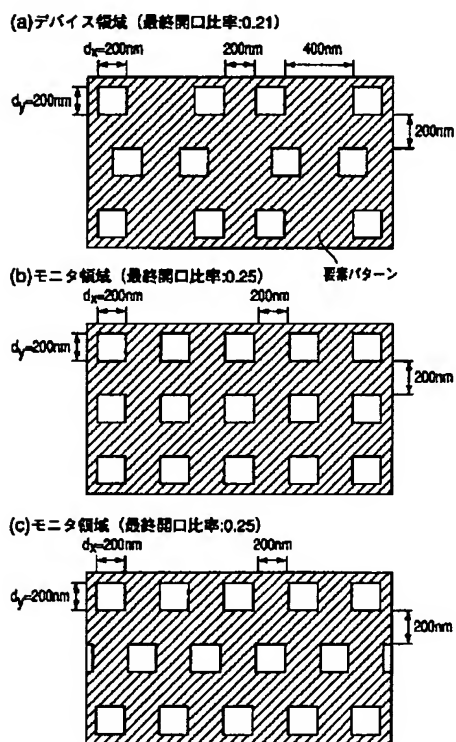
【図15】



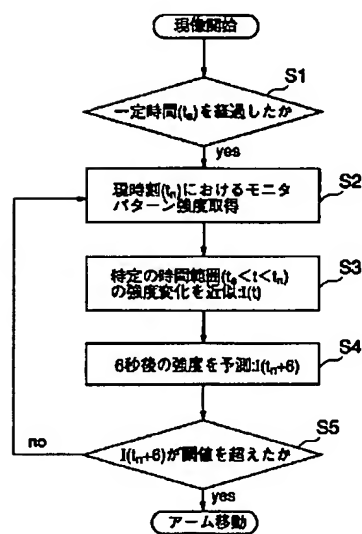
【圖 12】



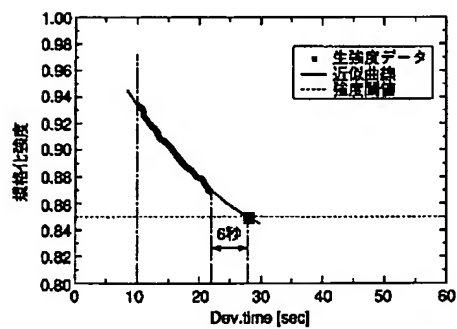
【圖 13】



【圖 14】



【图 16】



フロントページの続き

(72)発明者 小松 文朗

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

Fターム(参考) 5F046 AA25 AA28 DA14 DB05 DC14
LA15 LA19

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成17年9月2日(2005.9.2)

【公開番号】特開2000-269120(P2000-269120A)
 【公開日】平成12年9月29日(2000.9.29)
 【出願番号】特願平11-74046
 【国際特許分類第7版】

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 6 9 Z

G 0 3 F 7/20 5 2 1

H 0 1 L 21/30 5 0 2 Z

【手続補正書】

【提出日】平成17年3月1日(2005.3.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、現像して得られたデバイスパターンの寸法を評価するパターン評価方法において、

前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、

前記デバイスパターンの現像後に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との関係を基にデバイスパターンの寸法を評価する工程とを含むことを特徴とするパターン評価方法。

【請求項2】

デバイスパターン画像を含むマスクにより被処理基板上のレジスト膜を露光し、現像して得られたデバイスパターンのサイズを評価するパターン評価方法において、

デバイスパターンの一部を切り出すことによって、切り出された部分を使用するか又は切り出された部分のサイズを部分的に変更して要素領域を設計することによって、及びモニタパターンを形成するための要素領域を繰り返し調整することによって、モニタパターンを設計するステップと、

デバイスパターンとモニタパターンの両方を備えたマスクによって、レジスト膜を露光するステップと、

露光されたレジスト膜を現像した後、現像されたモニタパターンに所定波長の光を照射し、モニタパターンから反射した回折光の強度を検出するステップと、

予め定められた回折光強度とデバイスパターンサイズとの所定の関係に基づいて、前記検出された回折光の強度に従って、現像されたデバイスパターンのサイズを評価するステップとを含むことを特徴とするパターン評価方法。

【請求項3】

被処理基板上のレジストにデバイスパターンを露光し、所定時間の現像によりデバイスパターンを形成するパターン形成方法において、

前記デバイスパターンの露光時に、該デバイスパターンの一部を切り出し、そのまま若しくは寸法を一部変更して作成された要素領域で構成されるモニタパターンをデバイスパターンと共に露光する工程と、

前記デバイスパターンの現像中に、前記モニタパターンに特定波長の光を照射し、該モニタパターンからの回折光の強度を検出し、検出した回折光強度と予め求められているデバイスパターン寸法との相関を基にデバイスパターンの寸法の予測を行う工程と、

前記デバイスパターンの寸法の予測値が所望値となったときに現像を停止する工程とを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 4】

デバイスパターンを含むマスクによって被処理基板上のレジスト膜に露光し、所定時間の現像によりデバイスパターンを形成するデバイスパターンの形成方法において、

前記デバイスパターンの一部を切り出すことによって、切り出された部分を使用するか又は切り出された部分のサイズを部分的に変更して要素領域を設計することによって、及びモニタパターンを形成するための要素領域を繰り返し調整することによって、モニタパターンを設計するステップと、

前記デバイスパターンとモニタパターンの両方を備えたマスクによって、前記レジスト膜を露光するステップと、

露光されたレジスト膜を現像した後、現像されたモニタパターンに所定の波長の光を照射し、該モニタパターンから反射した回折光の強度を検出するステップと、

予め定められた回折光強度とデバイスパターンサイズとの関係に基づいて、前記検出された回折光の強度に従って、前記現像されたデバイスパターンのサイズを推定するステップと、

前記デバイスパターンの推定サイズが所望の値に達したときに、現像を停止するステップとを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 5】

前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 6】

前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記デバイスパターンから切り出した寸法計測する要素領域が単位面積当たりデバイスパターンよりも多く含まれるように配置したモニタパターンを用いることを特徴とする請求項 3 又は 4 記載のパターン形成方法。

【請求項 7】

前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 8】

前記デバイスパターンが線状又はホール系パターンである場合に、前記モニタパターンの要素領域がデバイスパターンと同種のパターンであって、ピッチがデバイスパターンとほぼ同じでレジストの抜き部分の寸法が大きい、又はピッチがデバイスパターンよりも小さくレジストの抜き部分の寸法がほぼ同じに設計されていることを特徴とする請求項 3 又は 4 記載のパターン形成方法。

【請求項 9】

前記パターンの寸法評価が、現像ユニットからウェハ回収ユニットに至る間のユニットで行われることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 10】

前記パターンの寸法評価として、基板の精度が許容範囲にあるかどうかを判定することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 1 1】

前記デバイスパターンが線状パターンの場合、前記モニタパターンは、ピッチが前記デバイスパターンとほぼ同一で、レジスト除去部分のサイズが前記デバイスパターンとほぼ同一の線状パターンを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 1 2】

前記モニタパターンは、前記デバイスパターンが形成される領域に含まれることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

【請求項 1 3】

前記モニタパターンに照射される光は、前記モニタパターンから反射する 1 次以上の回折光の発生を避ける条件を満たす波長を持ち、この条件は以下の式によって表されることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン評価方法。

$$|\sin(\theta_i) - (\lambda/P)| > 1$$

但し、 λ は波長を表し、 θ_i は入射光の角度を表し、 P はモニタパターンのピッチを表している。

【請求項 1 4】

前記デバイスパターンは複数の線状パターンから形成され、複数の線状パターンが互いに分離されるように X 方向に直列に配置され、且つ X 方向と垂直な Y 方向に距離を隔てて互いに平行に配置される場合、前記要素領域は互いに Y 方向で近傍する 2 つの線状パターンのそれぞれの中央部分を通る、2 つの X 方向の線セグメントによって定義される矩形領域であり、該矩形領域は、2 つの線状パターンの X 方向の端を含まない 2 つの Y 方向線セグメントによって定義されていることを特徴とする請求項 5 記載のパターン評価方法。

【請求項 1 5】

前記デバイスパターンは複数の線状パターンから形成され、複数の線状パターンが互いに分離されるように X 方向に直列調整され、且つ X 方向と垂直な Y 方向に距離を隔てて互いに平行に配置される場合、前記要素領域は、2 つの線状パターンのそれぞれの中央部分を通る、2 つの X 方向の線セグメントによって定義され、さらに 2 つの線状パターン間で少なくとも延長する 2 つの Y 方向線セグメントによって定義される矩形領域であり、該矩形領域は、X 方向で互いに近傍する線状パターンの端部を含むことを特徴とする請求項 5 記載のパターン評価方法。

【請求項 1 6】

前記現像を停止する工程として、特定の現像時刻からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現在の時刻の補正強度を、デバイスパターンが所望寸法となる 0 次光強度として予め得られている所望強度と比較することにより、現像停止時間の決定を行うことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載のパターン形成方法。

【請求項 1 7】

前記現像を停止する工程として、特定の現像時刻からモニタを行っている現在の時刻までの強度変化の近似式から得られる現像停止時の予測強度を、予め得られている所望強度と比較することにより、現像停止時間の決定を行うことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載のパターン形成方法。